

② 公開特許公報 (A) 昭62-239106

③ Int.Cl.⁴
G 02 B 3/14識別記号 廣内整理番号
7448-2H

④ 公開 昭和62年(1987)10月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑤ 発明の名称 可変焦点光学素子

⑥ 特 願 昭61-83763

⑦ 出 願 昭61(1986)4月11日

⑧ 発明者	馬 場 健	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑨ 発明者	野瀬 哲志	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑩ 発明者	川上 英悟	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑪ 発明者	中島 敏之	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑫ 発明者	櫛 引 信男	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑬ 発明者	丹 羽 雄吉	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑭ 出願人	キヤノン株式会社	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	
⑮ 代理人	弁理士 猪渡 草雄	外2名	

明細書

1. 発明の名称

可変焦点光学素子

2. 特許請求の範囲

弾性体と、開口部を有し、且つ該弾性体に接触する比較的硬い開口部材と、弾性体に外力を印加し、上記開口部から露出した弾性体光学表面の形状を変化させる外力付与手段とからなり、該外力付与手段が、一定の外力を絞えず弾性体に印加する手段であることを特徴とする可変焦点光学素子。

3. 発明の詳細な説明

技術分野

本発明は、弾性体に絞えず所定値以上の外力を付与することにより、焦点距離のコントロールの精度を向上させた可変焦点光学素子に関する。

背景技術

カメラ、ビデオ等の光学機器や光通信、レーダーディスクをはじめとするエレクトロオプティクス機器に用いられる光学素子として、光学表面

形状を変化させることにより、焦点距離を可変とした光学素子が本出願人により提案されている(特開昭60-1111201号公報)。

この可変焦点光学素子は、弾性体と、開口部を有し、該弾性体に接触する比較的硬い開口部材とからなり、上記弾性体を変形させて、開口部材の開口部から露出した弾性体の光学表面(以下「開口表面」という)の形状を変化させることにより、比較的小さな外力の変化で大きな焦点距離の変化を得ることを可能としたものである。

このような可変焦点光学素子として、本出願人は、單一の弾性体層からなる單層弾性体を利用したもの(上記特開昭60-1111201号公報)、および異なる弾性率を有する複数の弾性体層を光軸方向に積層してなる、改良された変形特性を有する積層弾性体を利用したもの(特願昭60-808883号)を提案しているが、これらの可変焦点光学素子においては、弾性体の変形量が比較的小さい領域で、焦点距離が不規則に変化する傾向があり、(この領域において)所望の焦

点距離を得るための精密なコントロールが必ずしも容易でなかった。

発明の目的

本発明の主要な目的は、弾性体の変形量に対して、焦点距離を規則的に変化させることにより、焦点距離のコントロールの精度を向上させるとともに、光学表面の精度自体をも向上させた可変焦点光学素子を提供することにある。

発明の概要

本発明者は研究の結果、可変焦点光学素子の弾性体にバイアス的な外力を絶えず印加することが、弾性体の変形量（ないし弾性体に印加される外力）に対する焦点距離の規則的変化を実現させ、上記目的の達成に極めて効果的であることを見出した。

本発明の可変焦点光学素子はこのような如見に益づくものであり、より詳しくは、弾性体と、開口部を有し、且つ該弾性体に接触する比較的の硬い開口部材と、弾性体に外力を印加し、上記開口部から露出した弾性体光学表面（開口表面）の形状

を変化させる外力付与手段とからなり、該外力付与手段が、一定以上の外力を絶えず弾性体に印加する手段であることを特徴とするものである。

本発明の可変焦点光学素子においては、弾性体にバイアス的な外力を絶えず印加し、該弾性体と開口部材との接触状態を、開口表面曲率の規則的変化に適した状態に維持しているため、弾性体の変形量と、開口表面の曲率変化に基づく焦点距離（ないし屈折力）変化との良好な規則的関係（例えば比例関係）が得られるのみならず、成形時に生じる弾性体開口表面の不均一性（アス、クセ等）が除去され、その結果、焦点距離（ないし屈折力）の精密な制御が容易で、しかも上記不均一性の除去により弾性体開口表面の光学精度が改善された可変焦点光学素子が得られる。

更に、弾性体開口表面の初期形状（外力を加えていない状態の形状）を凸面ないし凹面とする場合、成形型からの離型時に生ずる弾性体の変形に起因して、離型後の弾性体開口表面の曲率が成形変形面の曲率（設計値）よりも若干小さくなる

傾向が見られることがあるが、このような開口表面の曲率のズレも、本発明における所定の外力印加により、実質的に除去されることとなる。

以下、必要に応じて図面を参照しつつ、本発明を更に詳細に説明する。以下の記載において量比を表す「%」および「倍」は、特に断らない限り質量基準とする。

発明の具体的な説明

本発明の光学素子の概要は前述した通りであるが、本発明の特徴をより詳細に説明するために、本発明とは異なり、弾性体に絶えず一定の力を印加する外力付与手段を具備しない光学素子（本出願人が特開昭60-80863号において提出した光学素子）の概略について、まず説明する。

このような光学素子1aの、弾性体層厚さ方向模式断面図である第1図を参照して、光学素子1aは、光軸乙方向に沿って、弾性体の開口表面側から、開口部2aを有する開口部材2と、第1弾性体層31と第2弾性体層32とを積層してなる弾性体3と、底板4とから構成される。

第2図は、この光学素子1aにおける弾性体3の初期状態（外力を加えていない状態）からの変形量Δ乙（光軸乙方向に沿った底板4の移動量で示す）と、光学素子1aの初期状態からの屈折力（焦点距離の逆数）の変化ΔC（ディオプター単位）との関係を示すグラフである。

一方、本発明の光学素子の好ましい実施態様における弾性体層の厚さ方向模式断面図である第3図を参照して、本発明の光学素子1は、光軸乙に沿って図面上方（弾性体開口表面側）から、中心に円形開口部2aを有し、比較的硬い材料からなる円筒状の開口部材2と、該開口部材2に接触する第1弾性体層31に、これと異なる弾性事を有する第2弾性体層32を積層してなる円柱状の該層弾性体3と、透明で比較的硬い材料からなり、該層弾性体3を上記開口部材2とともに接持する形で該層弾性体3に接觸する円形底板4と、該円形底板4を介して該層弾性体3に絶えず一定の外力を印加する外力付与手段たる円筒状の抨え環5とから構成される。

上記構成において、積層弹性体3に必要な変形を加えるために、円筒底板4は開口部材2に対して光軸Z方向に沿って移動可能に配置される。また、弹性体3を加圧して変形する場合においては、押え板5は開口部材2に対して接着・固定化される。

本発明において、積層弹性体3に外力を全く加えない状態(押え板5を配置しない状態)における光学属性1を示す第4図を参照して、円柱状の後層弹性体3を構成する材料としては、光学属性の使用温度において、エラストマーたる性質を示す天然ないし合成の高分子物質を特に顧慮なく使用することができるが、この材料の(光学属性使用温度における)弹性率E(E=σ/γ, σは応力、γは弹性ひずみ)は、10³~10⁴ N/mm²、特に10³~10⁴ N/mm²が好ましい。これらの弹性率Eは、例えばJIS K 6301ないしJIS K 2808に規定する計入度によって測定することができる。

上記弹性率Eが10³ N/mm²未満では重力や振

動等の影響による弹性体の変形が大きくなり、また、柔軟性が増大するために弹性体を形成した際に、初期形状(外力が加えられていない場合の弹性体の形状)を精度よく出すことが困難となる。一方、弹性率Eが10³ N/mm²を越えると、弹性体の変形に要する方が大きくなり過ぎて好ましくない。

このような弹性体としては、本発明の光学属性をレンズとして使用する場合には、(少なくとも使用する波長の光に対して)透明度の高いものを用いることが好ましい。

本発明において用いられる弹性体材料としては、具体的には、一般に“ゴム”として知られている天然ゴムや合成ゴム、例えば、ステレンブタジエンゴム(SBR)、ブタジエンゴム(BR)、イソブレンゴム(IR)、エチレンプロピレンゴム(EPM、EPDM)、ブチルゴム(IIR)、クロロブレンゴム(CR)、アクリロニトリルブタジエンゴム(NBR)、ウレタンゴム(U)、シリコーンゴム(SI)、ふっ素ゴム

(FPM)、多硫化ゴム(T)、ポリエーテルゴム(POR、CHR、CHC)等が挙げられる。

以上に列举したような弹性体材料は必要に応じて架橋されるが、例えばこの架橋の程度を制御することによって、前述の弹性率Eを変化させることができる。この架橋は、例えば、イオウやバーオキサイド等からなる架橋剤を用いて行えばよい。

本発明において第1弹性体層3.1ないし第2弹性体層3.2を構成する材料としては、上述したような種々のエラストマーが用いられるが、好ましい力学的特性(弹性率等)、あるいは好ましい光学的特性(透明度、屈折率等)が容易に得られる点からは、シリコーンゴム、エチレンプロピレンゴム等が特に好ましく用いられる。

上述したような弹性体材料から構成される第1弹性体層3.1および第2弹性体層3.2の弹性率をそれぞれE₁およびE₂、第1弹性体層3.1および第2弹性体層3.2の光軸Z上の層厚をそれぞれ

l₁、l₂とすると、E₁ > E₂であることが好ましく、更には、このようなE₁、E₂の関係においては、l₁ > l₂であることが好ましい。この場合、l₁ > l₂では積層弹性体3の変形に要する方が増大することとなる。

また、積層弹性体3を変形させる場合に、該弹性体3の開口部材2を球面に近い形状に維持しつつ変形させる点からは、

$$5 < (E_1 \times l_1) / (E_2 \times l_2) < 100 \quad \dots (1)$$

の関係があることが好ましい。

第1弹性体層3.1と、第2弹性体層3.2とは、同種の材料を用いて形成してもよく、また異種の材料を用いて形成してもよいが、第1弹性体と第2弹性体との屈折率の差を比較的小さくして、得られた光学特性を有する積層弹性体3を容易に得る点、あるいは第1弹性体層3.1と第2弹性体層3.2との接着性を好ましい範囲に維持する点からは、同種の材料(例えばシリコーンゴム)を用いてこれらの弹性体層3.1および3.2を構成することが好ましい。

上述した複層弹性体3を取替する開口部材2は、金屬、ガラス、樹脂等の比較的硬い材料からなるが、厚さは厚さ1~2mm程度の板を、円形の開口部2aを有する円筒状に形成してなる。

この開口部材2は不透明の材料から構成されることが好ましい。

上述した開口部材2とともに複層弹性体3を保持する円形底板4は、透明で比較的硬い材料であるガラス、樹脂等からなり、その厚さは1~5mm程度であることが好ましい。

第3図を参照して、上記底板4を介して、複層弹性体3に一定の外力を印加する外力付与手段たる押え頭5は、前述した開口部材2と同様の材料からなるが、この押え頭5が開口部材2に対して接着・固定化されることにより、弹性体3に全く外力が印加されていない状態(第4図)から、弹性体3に一定の外力が印加された状態(第3図)の本発明の光学素子1となる。屈折力(ないし焦点距離)変化と弹性体変形量の変化との規則的関係を実現するために、この押え頭5から弹性体3

に印加される一定の外力は、この外力が印加されることによって生ずる弹性体3の(第4図の状態から第3図の状態に至る)変形量によって好適に決定できる。

この第4図の状態から第3図の状態にするための、円形底板4の光軸Z方向に沿った移動量(ΔZ)は、第1弹性体層3.1ないし第2弹性体層3.2の弹性率E1ないしE2、あるいは、これらの弹性体層の光軸Z上の厚さ(t1ないし t2)によっても若干異なるが、この ΔZ は、複層弹性体3の光軸Z上の全厚(T=t1+t2)に対して、1~20%程度、更には2~10%程度であることが好ましい。

上記 ΔZ がTの1%未満では、弹性体3の(第3図の状態からの)変形量(ΔZ)と、光学素子1の(第3図の状態からの)屈折力変化(ΔC)との良好な規則的関係(例えば比例関係)を得ること、あるいは、開口表面3aのアスやクセを除去することは困難である。一方、 ΔZ がTの20%を越えると、このような ΔZ を得るた

めに押え頭5から弹性体3に印加する外力が大きくなり過ぎて好ましくない。

本発明において、上述したような一定の外力の印加によって得られる屈折力(ないし焦点距離)の変化と、弹性体3変形量との規則的関係は、一定の数式によって表わされる閾数的関係(例えば、比例関係、反比例関係、指数閾数関係、等)であることが好ましいが、屈折力の精密なコントロールがより容易な点からは、比例関係(ないし直線関係)であることが、更に好ましい。

なお、開口表面3aのアスやクセを除去する点からは、押え頭5から底板4に印加する外力は、開口表面3aの裏面積を増大させる方向に作用させることが好ましい。すなわち、第4図に示すように、外力を印加する前の開口表面3aの形状(初期形状)が凸面である場合は、底板4を裏面上方に移動させ、弹性体3を加圧する方向に外力を作用させる(第3図)ことが好ましい。一方、開口表面3aの初期形状が凹面である場合(図示せず)には、底板4を裏面下方に移動させ、弹性

体3に負圧を加える方向に外力を作用させることが好ましい。弹性体3に負圧を加える場合、第1弹性体層3.1(開口表面3a側)は、開口部材2に強固に接着しておく必要がある。

上述したような一定の外力を印加する外力付与手段としては、光学素子1の光学特性を害すことなく(レンズの場合には、所望の光線の通過を阻害することなく)、弹性体3に定常的な外力を印加できる公知の外力付与手段(例えば、ヘリコイド、バネ等)を特に顧慮なく用いることが可能であるが、精密に制御された外力を安定に弹性体3に印加する点からは、上記押え頭5等の固定的手段を用いることが好ましい。

上述した構成を有する光学素子1は、その全体が第3図に示すような円筒形形状に形成されるが、本発明において、例えば、直方体形状に形成した弹性体と、矩形の開口部を有する直方体形状の開口部材とを用いて光学素子を構成してもよい。このような光学素子の矩形形状の開口表面は、シリンドリカルレンズ、トーリックレンズ等として用いるこ

とが可能である。

また、弾性体3の開口表面3aに金属を蒸着させる等の方法により、この開口表面を反射面とし利用することも可能である。このような態様においては、弾性体を構成する材料は透明である必要はなく、また、該弾性体中に金属粉末等の充填剤が分散されていてもよい。

次に、上述した構成を有する本発明の光学素子1の使用方法について説明する。

第5図を参照して、モータ、ヘリコイド等からなる駆動手段(図示せず)に接続し、光軸Z方向に移動可能とした円筒状の駆動部材6を、円形底版4の押え環5対面向に接続させて配置する。

この駆動部材6を図面上方に移動させて、弾性体3に圧力を印加すると、該圧力の大きさに応じて弾性体3の開口表面3aが開口部材2の円形開口部2aから(第3図の状態より更に)凸レンズ状に突出する。弾性体3に加える上記圧力の大きさを制御することにより、上記凸レンズ状の形状は可逆的に変化させることができ、所望の焦点距離

なお、上記においては、可変の外力付与手段たる駆動部材6を、一定の外力付与手段たる押え環5と別個の部材としているが、これら2つの部材の機能を1つの部材(例えば駆動部材6)で兼用させててもよい。

更に、これとは別に、上述した光学素子1において用いた積層弾性体3(開口表面3aを球面等の所望の形状に維持しつつ変形させる点では有利である。)に代えて、单一の弾性体層からなる單層弾性体(図示せず)を用いる場合にも、前述の ΔZ と ΔC との良好な規則的関係等の効果を得ることができる。

発明の効果

上述したように本発明によれば、弾性体に絶えず一定の外力を印加する手段を設けてなり、弾性体開口表面のアスやクセを抹消するとともに、弾性体の変形量と屈折率(ないし焦点距離)変化とが良好な規則的関係を示すことにより、屈折率(ないし焦点距離)の精密なコントロールを容易とした可変焦点光学素子が提供される。

離を得ることができる。

本発明においては、押え環5により、弾性体3に絶えず所定の外力を印加している(第3図)ため、上記駆動部材6による(第3図の状態からの)弾性体3の変形量(ΔZ)と、光学素子1の(第3図の状態からの)屈折率変化(ΔC)とは良好な規則的関係(例えば比例関係)を示し、上記変形量をコントロールすることにより、所望の屈折率(ないし所望の焦点距離)を精度よく得ることができる。

一方、上記とは逆に、弾性体3に負圧を印加した場合(この際、押え環5は、底版4に接続しておくが、開口部材2とは接続しないでおく。)、弾性体3の開口表面3aは可逆的に変化しうる凸レンズ形状(図示せず)を与えるが、この際にも、上記 ΔZ と ΔC とは良好な規則的関係を示す。

上述したような光学素子1の動作の様子は、例えば有限要素法による構造解析プログラムを用いて容易に解析することができる。

以下、実施例により、本発明を更に具体的に説明する。

実施例

第4図を参照して、シリコーンゴム(KEL-108、信越化エ工美社製)100部に硬化触媒(Catalyst RG、信越化エ工美社製)10部を混和し、搅拌、真空脱泡してなる混合物を、65℃で4時間放置して硬化させた材料からなる透明な第1弾性体層3-1(光軸Z上の肉厚t₁が1mm)上に、シリコーンゴムKEL-106と、硬化触媒Catalyst RGと、シリコーンゴムKEL-104-0elと、硬化触媒Catalyst 104(いずれも信越化エ工美社製)とを重量比10:1:1:100:10で混合し、真空脱泡した混合物を40℃で7.2時間放置し、硬化させた材料からなる透明な第2弾性体層3-2(光軸Z上の肉厚t₂が4mm)を接着し、曲率半径が50mmの球面状の開口表面3aを有し、且つ、底面(底版4対面)が底径25mmの円柱形状を有する積層弾性体3を得た。

この積層弾性体3を底径30mmの円形底版4

と、直徑 20 mm の円形開口部 2a を有する内径 30 mm の円筒状開口部材 2 とで挟持させて、第 4 図の光学要素 1b を得た（なお、この光学要素 1b の形成方法のより詳細については、本出願人の特願昭 60-80883 号を参照することができる）。

次いで、この光学要素 1b に、第 2 図に示すように、内径 25 mm の円筒状押え環 5（アルミ製）を、開口部材 2 に接着して配置することにより、第 4 図の光学要素 1b の状態から、底板 4 を光軸 Z 方向に沿って $\Delta Z = 0 \sim 2$ mm 図面上方（弾性体 3 に加圧する方向）に移動させ、本発明の光学要素 1 とした。この第 3 図の光学要素 1 の開口表面 3a においては、弾性体 3 の成形時に生じるアスやタセは消失しており、良好な光学要素精度が得られた。

この光学要素 1 に、第 5 図に示すように内径 23 mm の円筒状駆動部材 6 を用いて、ガラス底板 4 を、弾性体 3 を加圧する方向に、（第 3 図の状態から更に）光軸 Z 方向に $\Delta Z = 0 \sim 0 \sim 4$ mm

の移動量で移動させたところ、後層弾性体 3 の開口表面 3a の形状は、ほぼ球面形状を保持しつつ変形し、該開口表面 3a の曲率半径は 4.5 ~ 3.0 mm の間で可逆的且つ連續的に変化させることができた。この際、上記 ΔZ に対して、光学要素 1 の屈折力を、 $1.8 \sim 1.3 \cdot 3$ ディオプターの範囲でほぼ直線的に変化させることができた。

4. 図面の簡単な説明

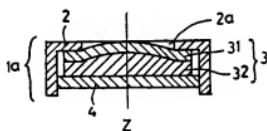
第 1 図、第 3 図ないし第 5 図はいずれも可変焦点光学要素の弾性体層の厚さ方向横断面図であり、第 1 図は本出願人の先の出願に記載した光学要素を示す図、第 3 図は本発明の光学要素を示す図、第 4 図は押え環配置前の光学要素を示す図、第 5 図は本発明の光学要素の使用方法を説明するための図であり、第 2 図は第 1 図の光学要素における弾性体変形量と屈折力変化との関係を示すグラフである。

1 … 可変焦点光学要素

2 … 開口部材

2a … 開口部

第 1 図

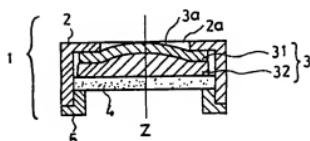


- 3 … 弾性体層
- 3a … 開口表面
- 31 … 第 1 弾性体層
- 32 … 第 2 弾性体層
- 4 … 底板
- 5 … 押え環
- 6 … 駆動部材

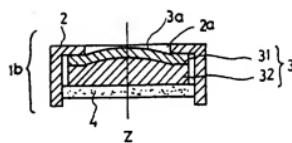
付圖：第 3 図、第 5 図

出願人代理人 旗瀬 勇輔

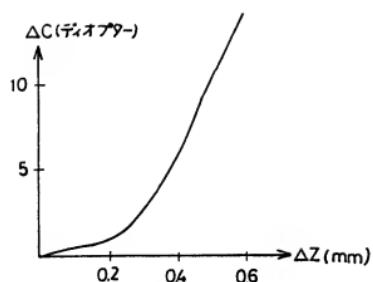
第 3 図



第 4 図



第 2 図



第 5 図

